

## **XI-026 - RENDIMENTO DE CARNEIRO HIDRÁULICO CONFECCIONADO COM DIFERENTES MATERIAIS ALTERNATIVOS E ÂNGULOS DE INCLINAÇÃO DA CAMPÂNULA**

**Igor Rozado Bosa** <sup>(1)</sup>

Graduando em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Teresa.

**Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco** <sup>(2)</sup>

Graduada em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Agrícola (UFV). Doutora em Recursos hídricos e ambientais (UFV). Professora do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa.

**Henrique Teodoro Barth** <sup>(3)</sup>

Graduando em Engenharia Agrônômica pelo Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Teresa.

**Ismail Ramalho Haddade** <sup>(4)</sup>

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Zootecnia (UFV). Doutor em Produção Animal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e Pós-doutorado em Biometeorologia e Bem-Estar Animal, pela Universidade de Évora. Portugal. Professor de ensino básico técnico e tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.

**Gustavo Haddad Souza Vieira** <sup>(5)</sup>

Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Agrícola (UFV). Doutor em Engenharia Agrícola (UFV). Atualmente é Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, campus Santa Teresa.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Izidoro Formentini, S/N – Santo Antônio do Canaã – Santa Teresa – ES – CEP: 29654-000 – Brasil – Tel: (27) 99813-5953 – e-mail: [igorrozadobosa@gmail.com](mailto:igorrozadobosa@gmail.com)

### **RESUMO**

O carneiro hidráulico é uma máquina simples e prática utilizada para bombear água em propriedades rurais, apresenta como vantagens, a não necessidade de fontes externas de energia, manutenção e operação simples, custo de aquisição e/ou montagem relativamente baixos e a possibilidade de uso durante 24 h por dia, recalçando água sem emissão de poluentes ou gases. Objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar o rendimento de carneiros hidráulicos confeccionados com diferentes materiais alternativos e ângulos de inclinação da campânula. O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, em esquema fatorial 3x2, sendo consideradas na composição dos tratamentos, as combinações de três materiais alternativos de campânula (garrafa PET, tubo de PVC e cilindro de extintor de incêndio), em dois ângulos de inclinação (90° e 45°), perfazendo um total de seis tratamentos e 30 unidades experimentais. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homocedasticidade (Bartlett), realizando-se o teste t, com correção de Bonferroni ( $P < 0,05$ ). O carneiro hidráulico com campânula de garrafa PET, inserido em ângulo de 90°, proporcionou maior rendimento mecânico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Carneiro hidráulico, produtor rural, recurso natural, tecnologia no campo.

### **INTRODUÇÃO**

O carneiro hidráulico é uma máquina simples e prática utilizada para bombear água em propriedades rurais, utilizando-se o efeito do golpe de aríete (Azevedo Netto, 1998). Este golpe é uma onda de sobrepressão que ocorre em um tubo conduzindo água, cujo escoamento sofre uma interrupção abrupta com o fechamento da válvula de escape.

Segundo Horne & Newman (2005), o carneiro hidráulico apresenta, como vantagens, a não necessidade de fontes externas de energia, tais como os combustíveis derivados de petróleo ou energia elétrica; a manutenção e a operação simples, não exigindo mão-de-obra qualificada; o custo de aquisição e/ou montagem relativamente baixos e a possibilidade de uso durante 24 h por dia, recalçando água sem emissão de poluentes ou gases. Como desvantagens, ABATE & BOTREL (2002) apontam que a eficiência é determinada pelas condições

locais, o golpe de aríete produz ruído, há necessidade de queda d'água e utilização de água limpa, além de recalcar somente uma pequena fração da vazão disponível na alimentação.

Ultimamente, o carneiro hidráulico tem sido pouco utilizado em razão de sua baixa eficiência de elevação de água, sendo substituído pelas bombas centrífugas, as quais necessitam de energia para funcionar. Entretanto, o carneiro hidráulico ainda pode ser favorável em diversas propriedades agrícolas, principalmente quando posicionado em locais de água corrente, onde a água não recalçada retorna ao curso d'água.

Considerando a escassez de recursos financeiros em uma propriedade, é possível fabricar carneiros hidráulicos de maneira não industrial, utilizando-se materiais alternativos ao ferro fundido, tais como o tubo de PVC (BARRETO & LIMA, 1997), câmaras de pressão de extintor de incêndio (GOUVEA et al., 2013) ou garrafas de polietileno tereftalato, também conhecida como PET (CARRARO et al., 2007). No entanto, em nenhum desses trabalhos avaliou-se o rendimento do carneiro hidráulico variando-se o ângulo de posicionamento da campânula.

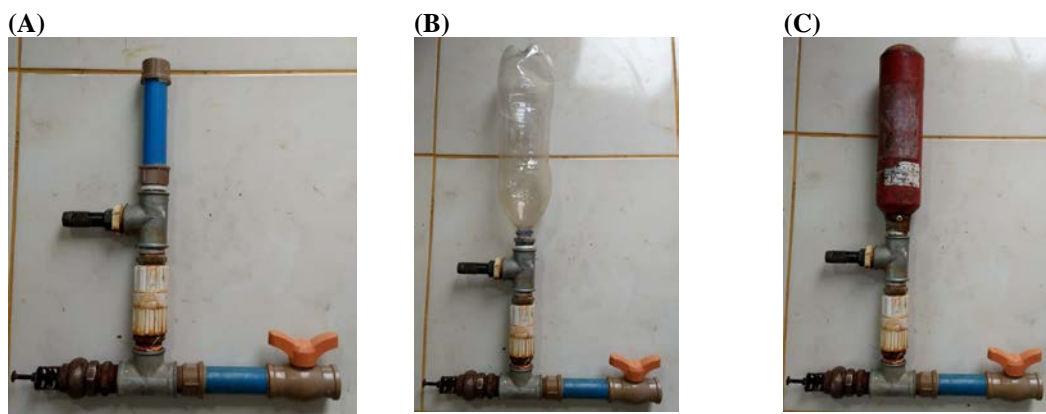
Normalmente, as campânulas são posicionadas no carneiro hidráulico num ângulo de 90°. Entretanto, acredita-se que, quando posicionadas num ângulo de 45°, possam proporcionar menor perda de carga, e consequentemente, maior rendimento mecânico.

Diante do exposto, é de suma importância o desenvolvimento de pesquisas que busquem aumentar a eficiência desta máquina, a fim de otimizar a utilização da água em pequenas propriedades e diminuir os custos de aquisição de um carneiro hidráulico para o produtor rural. Assim, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar o rendimento de carneiros hidráulicos confeccionados com diferentes materiais alternativos e ângulos de inclinação da campânula.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzido numa propriedade rural do Município de Santa Teresa, ES. Para a confecção dos carneiros hidráulicos foram utilizados os seguintes materiais: cilindro de extintor de incêndio, tubo de PVC, garrafa PET de 2 litros, 2 junções de 45° galvanizadas de 1 polegada, 2 Ts galvanizados de 1 polegada; 3 niples de bronze de 1 polegada, 1 válvula de retenção vertical de 1 polegada, 1 válvula de poço de 1 polegada, bucha de bronze redução de 1 polegada para ¾ de polegada, adaptador de mangueira de ¾ para ½ polegada, parafuso com 2 porcas, mola, fita veda rosca e cola para cano de PVC.

Foram utilizados dois ângulos de inclinação da campânula, 90° e 45°, conforme o desenho esquematizado nas Figuras 1 e 2, respectivamente, e estes combinados com três materiais reutilizáveis: tubo de PVC (Figuras 1a e 2a), garrafa PET (Figuras 1b e 2b) e cilindro de extintor de incêndio (Figuras 1c e 2c). Realizou-se todas as combinações entre os materiais e os ângulos, e estas avaliadas em uma relação de altura de queda e altura de recalque de  $h:H = 1:4$ . Procedeu-se cinco repetições para cada tratamento.



**Figura 1. Inclinação de campânula de 90° utilizando: (a) PVC, (b) PET e (c) cilindro de extintor de incêndio.**



**Figura 2. Inclinação de campânula de 45° utilizando: (a) PVC, (b) PET e (c) cilindro de extintor de incêndio.**

A água utilizada para alimentar o carneiro era captada de uma pequena reservação de barramento de curso d'água, cujo nível de água era mantido constante. A partir do reservatório, a água era conduzida por uma tubulação PVC de 1 polegada (1") de diâmetro, correspondente à tubulação de alimentação do equipamento, enquanto a água recalçada era conduzida por uma mangueira flexível de 3/4" de diâmetro.

Para a determinação do rendimento mecânico do carneiro hidráulico ( $R_m$ ) foram utilizadas as proporções de alturas de elevação ( $H$ )/ queda ( $h$ ) e determinadas as vazões de recalque ( $q$ ) e alimentação ( $Q$ ), procedendo-se ao cálculo, utilizando-se a Equação 1:

$$R_m = [(H \times q)/(h \times Q)] \times 100 \quad \text{equação (1)}$$

Em que:

$R_m$ , rendimento mecânico, em %

$H$ , altura de elevação, em metros;

$q$ , vazão de recalque, em ( $m^3 s^{-1}$ )

$h$ , altura de queda d'água, em metros;

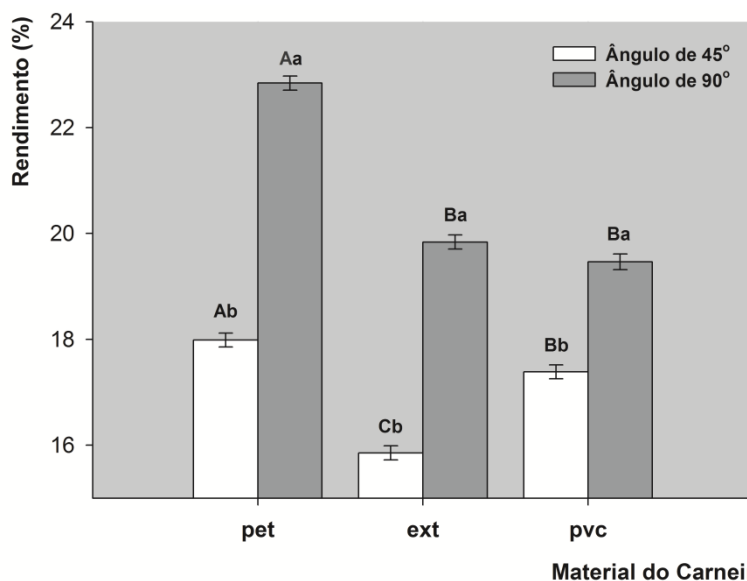
$Q$ , vazão de alimentação, em ( $m^3 s^{-1}$ ).

Tanto a vazão de alimentação quanto a de recalque foram quantificadas pelo método direto, medindo-se o volume coletado, por meio de um recipiente graduado, num tempo de 30 segundos.

O experimento foi conduzido seguindo delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, em esquema fatorial 3x2, sendo consideradas na composição dos tratamentos, as combinações de três materiais alternativos para a substituição da campânula do carneiro hidráulico industrial (garrafa PET, tubo de PVC e cilindro de extintor de incêndio), em dois ângulos de inclinação, perfazendo um total de seis tratamentos e 30 unidades experimentais. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de normalidade (Shapiro-Wilk), de homocedasticidade (Bartlett). Depois de atendidos estes pressupostos, realizou-se o teste t para comparações múltiplas, com correção de Bonferroni ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 apresenta-se os diferentes materiais alternativos utilizados como campânula, em dois ângulos de inclinação.



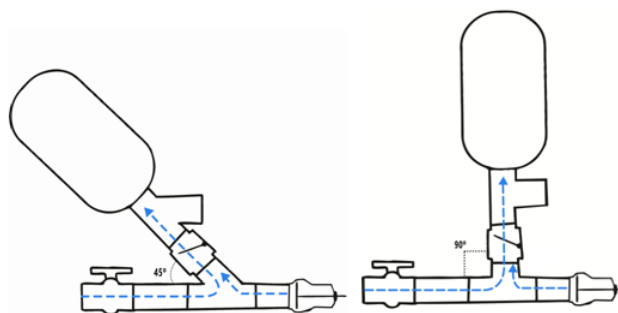
**Figura 03. Diferentes materiais utilizados como campânula em dois ângulos de inclinação.**

Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste t com correção de Bonferroni a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam os diferentes materiais dentro de suas respectivas inclinações. Letras minúsculas comparam o ângulo do carneiro dentro de cada material.

De acordo com a Figura 3, observa-se que para o ângulo de 45°, os três materiais diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, tendo a campânula de garrafa PET apresentado o maior rendimento (em torno de 18%), seguido da campânula de PVC (em torno de 17,5%) e da campânula de extintor (em torno de 15,7%). Para o ângulo de 90°, a campânula de garrafa PET proporcionou rendimento estatisticamente superior à campânula de extintor e à de PVC, e estas, não diferiram entre si. Tal superioridade do PET pode ser explicada pelas suas propriedades estruturais. Segundo Bastos (2006), o polietileno tereftalato é um polímero semicristalino composto de regiões cristalinas e regiões amorfas, o que lhe confere, através do processo de biorientação, um acréscimo nas propriedades de resistência ao impacto, à fadiga e ao estiramento, destacando resistência a altas pressões internas (608 – 710 kPa). Uma vez pressurizada a campânula do carneiro, o PET atua expandindo-se e contraindo-se, de forma que recalque a água contida no interior da campânula. Verificou-se valores de rendimento próximos aos descritos por Cararo et al. (2007), que encontraram valores entre 19,76 e 35,47% para campânulas de garrafa PET de 2,5 litros, volume próximo à campânula utilizada no presente trabalho.

Vale considerar que os volumes das campânulas eram diferentes para os diferentes materiais. A campânula de PVC tinha menor volume que as outras, com isso, menor volume armazenado entre as fases de entrada e saída de água da campânula, o que pode explicar os menores rendimentos.

Uma possível explicação para os melhores resultados para o carneiro de 90° é a de que a maior parte da água que ingressa na campânula provém da tubulação de alimentação e não da água que retorna do fechamento da válvula de escape. Admitindo-se esta hipótese, o carneiro com inclinação de 45°, em relação à tubulação de alimentação, encontra-se em desvantagem, uma vez que a água necessita realizar uma curva mais acentuada, o que provoca maior perda de carga quando a água se desloca da tubulação de alimentação para o interior da campânula, como é demonstrado no comparativo da Figura 4.



**Figura 4. Possível fluxo de água dentro de carneiros hidráulicos com ângulo de 45 e 90°.**

Dessa forma, acredita-se que se a peça de 45° estivesse invertida, poderia provocar menor perda de carga no momento em que a água se desloca da tubulação de alimentação para o interior da campânula.

Os valores de rendimento obtidos nas etapas 1 e 2 não ultrapassaram valores superiores a 23%, indicando um rendimento abaixo dos descritos por Zarate Rojas (2002) e CERPCH (2002) que descrevem rendimentos de 30 a 60%. Tal fato pode também estar associado às peças plásticas usadas na confecção do carneiro, bem como a tubulação de alimentação, que era de PVC. De acordo com Cararo et al. (2007), o rendimento do carneiro hidráulico não é alto visto que grande parte da água fornecida ao equipamento não é recalçada e também pelo uso de peças plásticas, as quais amortecem o golpe de aríete. Com o último motivo, os autores recomendam o uso de tubulações de metal na alimentação.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, recomenda-se o carneiro hidráulico com campânula de garrafa PET, inserido em ângulo de 90°, por proporcionar maior rendimento mecânico.

Novos estudos posicionando a campânula num ângulo de 45° no sentido oposto ao estudado neste trabalho são necessários, numa perspectiva de comprovar o aumento do rendimento de funcionamento do carneiro hidráulico.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Difusão Científica (PRODIF) da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação do Ifes, pelo auxílio na tradução deste manuscrito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABATE, C.; BOTREL, T. A. Carneiro hidráulico com tubulação de alimentação em aço galvanizado e em PVC. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.59, n.1, p.197-203, 2002.
2. AZEVEDO NETTO, J. M. Manual de Hidráulica. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 8 ed., 1998. 669p.
3. BARRETO, A. C.; LIMA, L. *Revista Globo Rural*. 31.ed. São Paulo: Globo, 1997. Ano 13, n.144. p.29.
4. BASTOS, H. B. Avaliação de sistemas de fechamento para embalagens de polietileno tereftalato (PET) na retenção de CO<sub>2</sub>. 2006. 116f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
5. CARACO, D.C.; DAMASCENO, F. A.; GRIFFANTE, G.; ALVARENGA, L.A. Características construtivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n.4, 2007.
6. CERPCH - Centro Nacional de Referência em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/carneiro-hidraulico/carneiro-hidraulico.pdf>>. Acesso em 12 abr 2017.
7. GOUVEA, C.A.K.; SILVA, D.; HURTADO, A. L. B.; MACEDO, M. Aumento de eficiência de um carneiro hidráulico para uso no meio rural. *Espacios*, v.34, n.06, p.12, 2013.

8. HORNE, B.; NEWMAN, C. Hydraulic ram. The centre for alternative technology. Disponível em: <<http://www.cat.org.uk/information/tipsheets/hydrum.html>> - 02 Nov. 2013.
9. ZÁRATE ROJAS, R. N. Modelagem, otimização e avaliação de um carneiro hidráulico. 2002. 70 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.